

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 7 月 2 8 日
Date of Application:

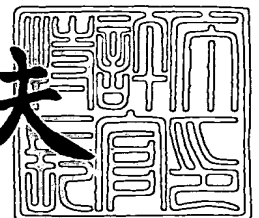
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 2 8 0 5 5 8
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 2 8 0 5 5 8]

出 願 人 ミネベア株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 4 0 3 1

【書類名】 特許願
【整理番号】 A-3288
【提出日】 平成15年 7月28日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G01B 7/30
G01D 5/245
H02K 24/00

【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区大森西4丁目18番18号 ミネベア株式会社大森製作所内
【氏名】 小林 正弘

【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区大森西4丁目18番18号 ミネベア株式会社大森製作所内
【氏名】 鯨井 裕之

【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区大森西4丁目18番18号 ミネベア株式会社大森製作所内
【氏名】 小山 高延

【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区大森西4丁目18番18号 ミネベア株式会社大森製作所内
【氏名】 青木 有

【特許出願人】
【識別番号】 000114215
【氏名又は名称】 ミネベア株式会社

【代理人】
【識別番号】 100118670
【弁理士】
【氏名又は名称】 及川 泰嘉

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 127123
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0307216

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

ステータ内にギャップを介して非真円形状のコアからなるロータを回転可能に軸支し、前記ギャップに基づくギャップパーミアンスが回転角度に応じた \sin 関数の値に従って変化するよう前記ロータの形状を構成したバリアブルリラクタンス型レゾルバであって、前記ロータの突極は、前記ロータの中心から半径方向に所定長さのオフセット値の点を設定し、前記オフセット値の点を中心としてステータ内周面に達しない半径 r の円弧として構成することを特徴とするバリアブルリラクタンス型レゾルバ。

【請求項 2】

前記ロータの形状は、機械角 ϕ 又は軸倍角で修正した電気角 θ で表した前記回転角度およびオフセット値 A に応じて、前記ロータの外径 R_r が下記の数 1 の式の値をとるように構成したことを特徴とする請求項 1 記載のバリアブルリラクタンス型レゾルバ。

【数 1】

$$R_r = A \cos \phi + \sqrt{r^2 - A^2 \sin^2 \phi} = A \cos(\theta / N) + \sqrt{r^2 - A^2 \sin^2(\theta / N)}$$

但し、 r は突極の半径、 A はオフセット値、 ϕ は機械角（ $\phi = \text{電気角 } \theta / \text{軸倍角 } N$ ）、 θ は電気角、 N は軸倍角。

【請求項 3】

前記ロータの形状は、機械角 ϕ 又は軸倍角で修正した電気角 θ で表した前記回転角度に応じて前記ステータと前記ロータの間のギャップ δ が下記の数 2 の式の値をとるように構成したことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のバリアブルリラクタンス型レゾルバ。

【数 2】

$$\delta = R_s - A \cos \phi - \sqrt{r^2 - A^2 \sin^2 \phi} = R_s - A \cos(\theta / N) - \sqrt{r^2 - A^2 \sin^2(\theta / N)}$$

但し、 δ はギャップ、 R_s はステータ内半径、 A はオフセット値、 ϕ は機械角（ $\phi = \text{電気角 } \theta / \text{軸倍角 } N$ ）、 θ は電気角、 N は軸倍角、 r は突極の半径。

【書類名】明細書

【発明の名称】バリアブルリラクタンス型レゾルバ

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、バリアブルリラクタンス（V R）型レゾルバに関し、特に、ギャップパーミアンスが回転角度（機械角 ϕ 又は軸倍角で修正した電気角 θ で表した回転角度）に応じた \sin 関数の値に従って変化するようにロータ形状を構成した V R 型レゾルバに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

従来、V R 型レゾルバにおけるロータ形状は以下（1）～（3）のように形成されていた。

（1）ロータに巻線を持たない構造で、ギャップにおけるリラクタンス変化を利用した V R 型レゾルバは、ギャップパーミアンスの変化が回転角度に応じた \sin 関数の値に従って変化する特性（以下、「 \sin 関数変化特性」という。）のロータ形状とすれば、ロータは巻線を持たない鉄心のみの簡単な構造になり、出力巻線には、そのロータの突極形状に応じた周期の正弦波電圧が出力される。ステータの内周が真円のとき、角度 θ におけるロータの外周と中心との間の長さ r_θ は、下記の数 3 の式に基づき形成されていた。

【0 0 0 3】

【数 3】

$$r_\theta = r_1 - \frac{\delta_0}{1 + \left(\frac{\delta_0}{\delta_1} - 1 \right) \cos n\theta}$$

【0 0 0 4】

但し、

r_1 ：ステータの内周半径

δ_0 ：90 度および 270 度位置におけるステータとロータの間のギャップ

δ_1 ：0° 位置におけるステータとロータの間のギャップ

n ：軸倍角

前記数 3 の式に基づいて作成したステータ内径（直径）が 46.4 mm の 4 X レゾルバの角度誤差特性を下記表 1 の従来例と図 2（b）に示す。下記表 1 は角度誤差の 30° 毎のサンプリング値を示す。

【0 0 0 5】

図 2 は、本発明の実施例と従来例において軸倍角 4 X の V R 型レゾルバの角度誤差を測定した特性図である。図 2（b）は、従来の軸倍角 4 X でステータ内直径が 46.4 mm の V R レゾルバにおける角度誤差を測定した特性図である。

【0 0 0 6】

ここで「角度誤差」は、レゾルバを強制的に回転したときの機械的角度と、その回転の結果のレゾルバ出力信号の電気的角度との差を意味し、角度誤差＝機械的角度－（電気的角度／軸倍角）となる。

【0 0 0 7】

「誤差」は角度 1 度につき 60 分（min）で表す。

【0 0 0 8】

このとき、例えば軸倍角が 1 X であれば、数 3 の式において、 $n = 1$ となり、ロータ形状は、略ハート形を呈する。

【0 0 0 9】

角度誤差を測定するためには、マイクロコンピュータからなる制御装置（図示省略）を備える。測定時、この制御装置により、ロータの機械的な回転角度を検出するセンサーの検出信号、ステータの出力巻線の出力信号、等を取り込み、必要な演算を行い、少なくとも

も、角度毎の角度誤差を求め、出力する。

【 0 0 1 0 】

なお、下記表 1 の本発明は後記する本発明の実施例の角度誤差特性である。

【 0 0 1 1 】

【表 1】

角度誤差

角度(°)	誤差(min)	
	従来例	本発明
0	0	0
30	13.8	-1.5
60	-3.1	-3
90	-1.8	0
120	13.8	-1.5
150	-3.1	-3
180	0	0
210	13.8	-1.5
240	-3.1	-3
270	-1.5	0
300	13.8	-1.5
330	-3.1	-3
360	-4.6	0

【 0 0 1 2 】

上記表 1 の従来例に示すように、従来タイプのロータの角度誤差、即ち、VR 型レゾルバの角度誤差〔＝機械的角度（機械角 ϕ ）－電気的角度（電気角 θ ／軸倍角 N ）〕は、多いところで、角度 30° 、 120° 、 210° 、 300° で 13.8 分（min）と大幅な誤差が発生する。なお、角度 1 度＝60 分（min）とする。

（2）従来の VR 型レゾルバは、以上のように構成されていたので、以下の問題点を含んでいた。数 3 の式は、磁束がギャップ中をロータ中心に向かって直線的に透過するモデルに基づくもので、実際のものを現していなかった。即ち、ギャップ幅が大きくて、磁界の変化の大きい部分では、磁束は湾曲して形成されるので、例えばロータの突極端面に漏れ磁束が形成される。このため、レゾルバの角度に応じた出力信号に、1 次以外の高調波の誤差分、代表的には 3 次の誤差分がのることになる。

【 0 0 1 3 】

この問題点に着目し、この誤差分を除去する目的で下記の数 4 の式が既に提案されている。

【 0 0 1 4 】

【数 4】

$$\delta_\theta = \frac{\delta_0}{1 + \left(\frac{\delta_0}{\delta_1} - 1\right) \cos n\theta} + K(1 - \cos 2\theta)$$

【 0 0 1 5 】

但し、

δ_θ ：回転角度 θ におけるステータとロータの間のギャップ

δ_0 ：90 度および 270 度位置におけるステータとロータの間のギャップ

δ_1 ：0° 位置におけるステータとロータの間のギャップ

n ：軸倍角

K ：定数。

【 0 0 1 6 】

上記数 4 の式は、前記数 3 の式に補正項 $[K (1 - \cos 2\theta)]$ を加えるものである。
 即ち、実測により求めた出力電圧実測値と理論値との差である誤差分を含む出力信号を、誤差分を補正した補正信号と、前記誤差分を符号反転した反転誤差分とを含む信号となるようにシミュレーションを行い、補正項の K の値を決めている。定数 K はシミュレーションの補正量によって値が異なる。

【0 0 1 7】

この例では、誤差分を符号反転して実測値に加えているため、誤差分は補正されることになる（例えば、特許文献 1 参照）。

(3) この他に、同じように出力巻線の誘導電圧が完全な正弦波ではなく、高調波成分を含むとき、この高調波成分を最小にする突極形状として次の数 5 の式を用いる例もある。

【0 0 1 8】

【数 5】

$$R_{\theta_2} = R_1 - \frac{k\delta_1}{1 + (k-1)\cos(N\theta_2)}$$

【0 0 1 9】

但し、

R_{θ_2} : 空間角度 θ_2 の位置における回転子鉄心の外周と中心との距離

R_1 : 固定子鉄心の内周の半径

δ_1 : 最小ギャップ長

N : 鉄心の突極の数。

【0 0 2 0】

この例では、突極の中央を原点として回転子外周の位置を表す空間角度を θ_2 とするとき、突極によるギャップパーミアンスの変動が $\cos(N\theta_2)$ となるような回転子形状とする（例えば、特許文献 2、3 参照）。

【特許文献 1】特開平 1 1 - 1 1 8 4 1 6 号公報

【特許文献 2】特開平 1 1 - 3 1 3 4 7 0 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 0 - 1 0 5 1 3 3 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 2 1】

ステータとロータの間のギャップの逆数であるギャップパーミアンスを前記 \sin 関数変化特性になるように修正するパラメータとしては、ギャップ中の磁束のうち半径方向の直線磁束以外の湾曲磁束、ステータ巻線、突極の数等多数考えられる。

【0 0 2 2】

ところで、前記背景技術の (2) の誤差分を符号反転して実測値に加える補正例は、補正項を $[K (1 - \cos 2\theta)]$ にする理由が開示されてなく不明であり、回転角度 θ の 2 倍で変化する補正のみが一応可能となるものであり、更には、補正項の定数 K がシミュレーションの補正量によって値が異なるものとなるので、結局シミュレーションにより補正を行うという従来の補正方法と大差がないものとなる。

【0 0 2 3】

このことから、前記従来例は、出力信号に含まれる 1 次以外の高調波分、代表的には 3 次の高調波分の誤差分を適切にキャンセルするものとはいえなかった。

【0 0 2 4】

また、前記背景技術の (3) の例は、突極の形状を前記数 5 の式に従って形成するものであるが、高調波の影響は、依然として存在し、実用上も問題が残った。

【0 0 2 5】

本発明の目的は、前記問題点に鑑み、ギャップパーミアンスが回転角度に応じた \sin

関数の値に従って変化する特性となるようにロータ形状を構成するバリアブルリラクタンス型レゾルバを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0026】

前記従来の数式により構成するロータ形状は、ロータの中心を基準として突極形状を形成するものであった。

【0027】

一方、軸倍角が1X以上の2X、4X、・・・、と多極化するに伴い、ギャップパーミアンスに対応させるsin関数変化特性範囲は漸次狭い角度範囲に減少する。このように角度範囲が狭くなるにつれて、1つの突極範囲も同じように狭くなる。そうすると、突極の形状に高い精度で一致する半径rの円弧が設定できるようになる。但し、この円弧の中心とロータの中心が一致せず離れてしまう。そこで、発明者らは、突極形状に最適に適合する半径rの円弧を基準にし、この円弧の中心とロータの中心との長さをオフセット値として設定することにより、ロータ形状をギャップパーミアンスのsin関数変化特性を満足するように構成できることを見出した。更に突極の数の少ないVR型レゾルバに適用してもこの考えは高い精度でギャップパーミアンスがsin関数変化特性にほとんど一致することを確認した。

【0028】

本発明は、前記目的を達成するために、上記知見に基づいて下記の解決手段を採用する。

(1) バリアブルリラクタンス型レゾルバは、ステータ内にギャップを介して非真円形状のコアからなるロータを回転可能に軸支し、前記ギャップに基づくギャップパーミアンスが回転角度に応じたsin関数の値に従って変化するように前記ロータの形状を構成したバリアブルリラクタンス型レゾルバであって、

前記ロータの突極は、前記ロータの中心から半径方向に所定長さのオフセット値の点を設定し、前記オフセット値の点を中心としてステータ内周面に達しない半径rの円弧として構成する。

(2) 前記(1)記載のバリアブルリラクタンス型レゾルバにおいて、前記ロータの形状は、機械角 ϕ 又は軸倍角で修正した電気角 θ で表した前記回転角度およびオフセット値Aに応じて、前記ロータの外径Rrが下記の数6の式の値をとるように構成する。

【0029】

【数6】

$$Rr = A \cos \phi + \sqrt{r^2 - A^2 \sin^2 \phi} = A \cos(\theta/N) + \sqrt{r^2 - A^2 \sin^2(\theta/N)}$$

【0030】

但し、rは突極の半径、Aはオフセット値、 ϕ は機械角($\phi = \text{電気角 } \theta / \text{軸倍角 } N$)、 θ は電気角、Nは軸倍角。

(3) 前記(1)又は(2)記載のバリアブルリラクタンス型レゾルバにおいて、前記ロータの形状は、機械角 ϕ 又は軸倍角で修正した電気角 θ で表した前記回転角度に応じて前記ステータと前記ロータの間のギャップ δ が下記の数7の式の値をとるように構成する。

【0031】

【数7】

$$\delta = R_s - A \cos \phi - \sqrt{r^2 - A^2 \sin^2 \phi} = R_s - A \cos(\theta/N) - \sqrt{r^2 - A^2 \sin^2(\theta/N)}$$

【0032】

但し、 δ はギャップ、 R_s はステータ内半径、Aはオフセット値、 ϕ は機械角($\phi = \text{電気角 } \theta / \text{軸倍角 } N$)、 θ は電気角、Nは軸倍角、rは突極の半径。

【発明の効果】

【0033】

本発明は、以下の効果を奏する。

(1) ロータの形状を、基本的に、オフセット値と半径 r の円弧によって構成するので、オフセット値を最適に設定することにより、ロータとステータの間のギャップパーミアンスを \sin 関数変化特性に極めて近づけることができる。

(2) ロータの形状を、特許請求の範囲における数 1 の余弦定理の式において、オフセット値と半径 r を最適に設定することにより、所期のギャップパーミアン스特性に対応するギャップ特性に極めて近いギャップが形成できるロータ形状に構成できる。

(3) ステータの内径と上記 (2) のロータ径とを基にギャップを構成することにより、ステータとロータの間のギャップパーミアンスを、回転角度に応じて \sin 関数変化特性に極めて近づけるように構成できる。

【0034】

また、ステータとロータの間のギャップを、特許請求の範囲の数 2 の式に基づきシミュレーションによって求めるので、前記ギャップのギャップパーミアンスを回転角度に応じた \sin 関数変化特性に極めて近づけることができ、出力特性を改善できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0035】

本発明を実施するための最良の形態を図に基づいて説明する。

【実施例 1】

【0036】

ロータとステータの間のギャップに関し、実測値と理論値の偏差の発生を極力ゼロに近づけるようにする製造方法およびその方法を適用して形成したロータ形状を説明する。

【0037】

図 1 は、本発明の V R 型レゾルバ 1 を示し、ロータ形状を特許請求の範囲の数 1 の式により求まることを示し、そのロータ 2 形状を決めるロータ 2 とステータ 4 との間のギャップ δ の値が、同じく特許請求の範囲の数 2 の式により求まることを示す説明図である。図 1 は軸倍角 $N=4$ の場合、即ち、ロータ 2 の突極 3 の数を 4 とした場合を示す。

【0038】

図 1 で、「 δ 」はステータ 4 のステータ内周面 5 とロータ 2 のロータ外周面 7 との間の半径方向のギャップ、「 R_r 」は角度（機械角） ϕ における中心 6 からロータ 2 のロータ外周面 7 までの半径（外半径）、「 R_s 」は角度（機械角） ϕ における中心 6 からステータ 4 のステータ内周面 5 までの半径（内半径）、「 ϕ 」は機械角、「 A 」はオフセット値（長さ）を示し、「 N 」は軸倍角、「 θ 」は電気角、「 N （軸倍角） $\times \phi$ （機械角） $= \theta$ （電気角）」とすると、

ロータ 2 外半径 R_r は、余弦定理から、

【0039】

【数 8】

$$\begin{aligned} r^2 &= A^2 + R_r^2 - 2AR_r \cos \phi \\ R_r &= A \cos \phi + \sqrt{r^2 - A^2 \sin^2 \phi} \\ &= A \cos(\theta/N) + \sqrt{r^2 - A^2 \sin^2(\theta/N)} \end{aligned}$$

【0040】

として求まる。

ステータ内半径を R_s とすると、ロータとステータの間のギャップ δ は、

【0041】

【数 9】

$$\begin{aligned}\delta &= Rs - Rr \\ &= Rs - A \cos \phi - \sqrt{r^2 - A^2 \sin^2 \phi} \\ &= Rs - A \cos(\theta / N) - \sqrt{r^2 - A^2 \sin^2(\theta / N)}\end{aligned}$$

【0 0 4 2】

として求まる。

【0 0 4 3】

このギャップ δ は、機械角 ϕ 又は軸倍角で修正した電気角 θ で表した前記回転角度 ($\phi = \theta / N$) に応じてギャップパーミアンスが \sin 関数変化特性となるように設定する。換言すると、その際、出力電圧が正弦波状に変化する理想出力電圧となるようにシミュレーションによりオフセット値 A を決定する。

【0 0 4 4】

但し、 ϕ の範囲は $-180 / N \leq \phi \leq 180 / N$ で、繰り返し形状となる。突極の数 N は任意の数に設定する。

【0 0 4 5】

本発明は、最適なオフセット値を、ギャップパーミアンスが \sin 関数変化特性の条件を満たすときの最適値としている。但し、実用上の最適値は、ギャップパーミアンスが \sin 関数変化特性の条件を満たす範囲をいい、実用上問題がない範囲となる。

(測定結果)

上記数 8 および数 9 の式に基づいて作成したステータ内径 (直径) が 3 4 mm の 4 X レゾルバの角度誤差特性を前記表 1 の本発明と図 2 (a) に示す。

【0 0 4 6】

図 2 (a) は、本発明の軸倍角 4 X でステータ内直径が 3 4 mm の VR 型レゾルバの角度誤差を測定した特性図である。

【0 0 4 7】

前記表 1 は角度誤差の 3 0 ° 毎のサンプリング値を示す。角度誤差は、サンプリング点、6 0 °、1 5 0 °、2 4 0 °、3 3 0 ° で最大 3 分 (min) の誤差となる以外は殆ど 0 分 (min) となる。

【0 0 4 8】

前記表 1 および図 2 を見ると解るように、本発明はギャップパーミアンス特性が前記従来例のものと比べ各段に改善されている。

【0 0 4 9】

実施例 1 は、突極が 4 極 (軸倍角 4 X) の VR 型レゾルバについて説明したが、2 極 (軸倍角 2 X) 以上の VR 型レゾルバであれば同様に適用可能である。また、2 極以上の VR 型レゾルバであれば本発明を適用することができ、同様の効果を奏する。

【産業上の利用可能性】

【0 0 5 0】

本発明のギャップパーミアンスが回転角度に応じた \sin 関数の値に従って変化する特性となるようにロータ形状を構成する技術思想は、その機能から、VR 型角度検出器、シンクロにも利用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0 0 5 1】

【図 1】本発明の VR 型レゾルバを示し、そのロータ形状を決める、ロータとステータとの間のギャップの値が、数 1 の式により求まることを示す説明図である。

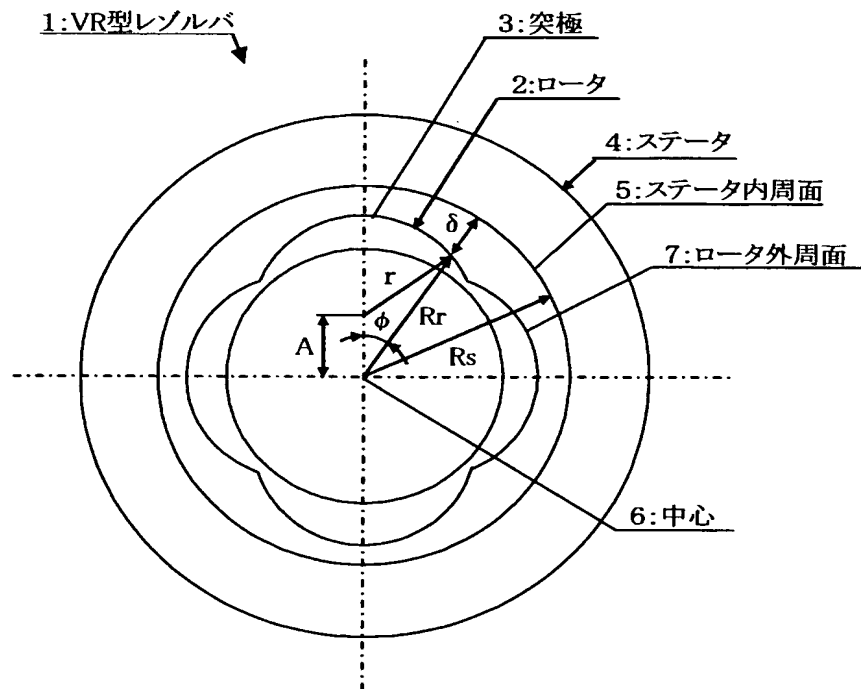
【図 2】本発明の実施例と従来例の軸倍角 4 X の VR 型レゾルバの角度誤差を測定した特性図である。

【符号の説明】

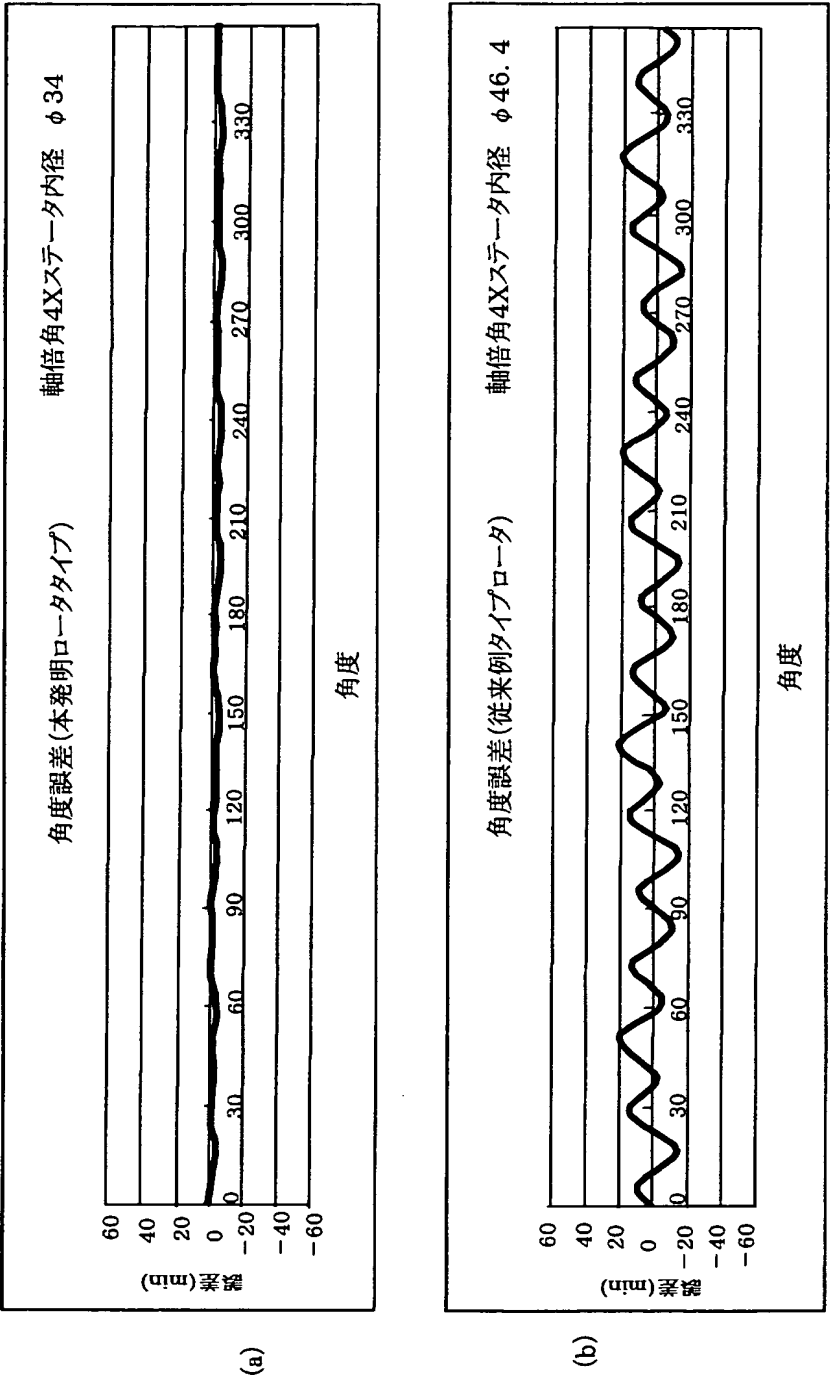
【 0 0 5 2 】

- 1 VR 型 レゾルバ
- 2 ロータ
- 3 突極
- 4 ステータ
- 5 ステータ内周面
- 6 中心
- 7 ロータ外周面

【書類名】 図面
【図 1】



【図 2】



【書類名】 要約書

【要約書】

【課題】 ギャップパーミアンスが回転角度に応じた \sin 関数の値に従って変化する特性となるようにロータ形状を構成するバリアブルリラクタンス型レゾルバを提供することにある。

【解決手段】 バリアブルリラクタンス型レゾルバは、ステータ 4 内にギャップを介して非真円形状のコアからなるロータ 2 を回転可能に軸支し、前記ギャップに基づくギャップパーミアンスが回転角度に応じた \sin 関数の値に従って変化するよう前記ロータ 2 の形状を構成したバリアブルリラクタンス型レゾルバであって、前記ロータ 2 の突極は、前記ロータ 2 の中心から半径方向に所定長さのオフセット値の点を設定し、前記オフセット値の点を中心としてステータ内周面 5 に達しない半径 r の円弧として構成される。

【選択図】 図 1

特願 2003-280558

出願人履歴情報

識別番号

[000114215]

1. 変更年月日

1990年 8月23日

[変更理由]

新規登録

住 所

長野県北佐久郡御代田町大字御代田4106-73

氏 名

ミネベア株式会社